心理学报 2020, Vol. 52, No. 5, 541−561
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2020.00541

语言能力的老化机制：语言特异性与非特异性因素的共同作用*

吴翰林† 于 宙† 王雪娇 张清芳
(中国人民大学心理学系，北京 100872)

摘 要 语言能力的衰退是由于一般认知能力衰退引起的，还是由于语言加工系统的衰退引起的，抑或是两者的共同作用？研究中测量了青年组和老年组的一般认知能力(加工速度、工作记忆和抑制能力)，以及在词汇、句子和语篇三个水平上的语言理解能力和语言产生能力。结果发现，一般认知能力、语言理解和语言产生能力都存在年老化现象。分层回归分析表明，一般认知能力对语言能力的贡献，以及语言理解能力和产生能力之间的相互贡献在青年组和老年组中是不同的，且存在词汇、句子和语篇水平上的差异。在词汇水平上，青年人的成绩能够被一般认知能力和另一种语言能力所显著预测，而老年人的成绩却不受一般认知因素影响；在句子水平上，青年人的成绩仍能被一般认知能力或另一种语言能力所解释，但这两类变量都无法预测老年人的任务成绩；在语篇水平上，青年人理解任务的成绩显著地受到产生能力影响，而老年人的理解和产生任务成绩则分别可以被一般认知能力和语言理解能力所解释。对组间差异的回归分析表明，一般认知能力和另一种语言能力对组间差异都有显著贡献，且前者的贡献大于后者。上述研究结果表明，语言能力的老化是语言特异性因素和非特异性因素共同作用的结果。

关键词 认知年老化；一般认知能力；语言理解能力；语言产生能力；语言特异性；语言非特异性
分类号 B842

1 前言

语言认知加工包括语言理解和语言产生两种过程。语言理解是以感知语言的形式为基础，提取通达其意义的过程；语言产生则是以讲话者想表达的思想或概念为基础，提取语言的行为并进行表达的过程(Pickering & Garrod, 2013)。传统的心理语言学研究认为，语言理解和产生是两种独立的加工过程(Gaskell, 2007; Harley, 2008)，研究者分别采取不同的方法研究这两种过程，发现其具有不同的神经基础(Ben Shalon & Poeppel, 2008; Saur et al., 2008)。例如，研究者认为个体理解歧义句的过程，与描述一幅图画时产生歧义句的过程是完全不同的。神经语言学领域中经典的利希海姆−布洛卡−威尔尼克(Lichtheim-Broca-Wernicke)模型认为，语言产生和语言理解涉及到独立的认知神经机制，这一结论来自于有关失语症的研究(Shalom & Poeppel, 2008)，这表明个体的语言理解和产生过程是可以相互分离的。

尽管如此，我们可以看到两类加工过程中所涉及的表征都包括了概念、语义、字形、音韵等不同水平上的信息，因此这两类语言加工过程存在密切的联系。Pickering 和 Garrod (2013)提出了语言产生与理解的整合理论，认为任何语言加工都同时包含这两种过程。尽管大多数心理语言学实验仅关注理解或产生过程中的一种，但被试在完成实验时却需要理解和产生同时参与。例如，在口语词汇产生研究经常使用的图画−词汇干扰范式中，就包括了词

收稿日期: 2019-09-16
* 北京市社会科学基金重点项目(16YYA006)，中国人民大学科学研究基金项目(中央高校基本科研业务费专项) (18XNLG28)项目资助。中国人民大学中央高校建设世界一流大学(学科)和特色发展引导专项资金支持。
† 吴翰林和于宙为共同第一作者。
通信作者：张清芳, E-mail: qingfang.zhang@ruc.edu.cn

汇理解和词汇产生两种过程。在这一范式中，同时给被试呈现干扰词和图片，被试的任务是忽略干扰词，准确而迅速地说出图片的名称。干扰词的加工是词汇理解过程，目标任务(即图画命名)是词汇产生过程。研究发现，干扰词与图画名称之间的语义和语音相关关系会显著地影响命名潜伏期，这表明词汇理解过程影响了词汇产生过程(Schriefers, Meyer, & Levelt, 1990)。类似地，在词汇命名(Strain, Patterson, & Seidenberg, 1995)、句子完成(Bock & Miller 1991)、词汇识别(Ito, Tiede, & Ostry, 2009)等实验任务中，理解与产生的过程均同时存在。事实上，语言理解和语言产生相互影响的特性使得二者能够相互促进。一方面，当进行产生活动时，个体通过理解来监控自己的外部言语(即外部自我监控)和内部言语(即内部自我监控) (Levelt, 1989)；另一方面，当进行理解活动时，个体通过产生来预测即将出现的词汇、句法和语义信息(Pickering & Garrod, 2007)。因此，语言理解能力较强的个体很可能能够产生更高质量的语言，而语言产生能力更强的个体在理解语言时也可能更容易。也就是说，个体的语言理解能力和语言产生能力之间存在相互影响。

在认知年老化领域，已有研究多集中于对注意或记忆等过程的考察，语言加工老化是一个新的研究主题。目前的研究中，大多数仅关注了口语词汇产生过程的老化现象及认知机制(Shafto & Tyler, 2014)。事实上，最新研究发现语言理解过程也存在老化，老年人的语言理解和语言产生能力与青年人相比都出现显著了的衰退。与此同时，老年人的一般认知能力也表现出衰退。已有研究都是单独考察这两个方面的影响，尚未有研究同时考察一般认知能力和语言特异性能力的衰退对于语言能力老化的影响。基于上述研究现状，本研究首次同时考察上述两方面的因素对语言理解和语言产生能力老化的贡献。我们首先比较青年人和老年人的语言理解能力和语言产生能力是否存在差异，然后探索这种差异的影响因素是语言特异性的还是语言非特异性的，并通过回归分析确定其贡献率。

1.1 语言能力的老化

人类的口语产生能力在 60 岁以后开始随着年龄的增长而衰退，主要表现为：与青年人相比，老年人提取单词的潜伏期更长且存在更多的提取失败现象。与此同时，研究发现老年人的语言理解能力保持相对完整，词汇知识甚至比青年人更加丰富(Shafto & Tyler, 2014)。研究发现，语言产生能力的衰退是非对称性的(asymmetric)：老年人的语义提取能力保持相对完好(Burke & College, 1997; Kemper, 1992a)，但是语音提取方面出现了明显的衰退，表现为更频繁的舌尖效应(Tip-Of-the-Tongue effect, TOT effect) (Burke, MacKay, Worthley, & Wade, 1991; James & Burke, 2000; Rastle & Burke, 1996; Shafto, Burke, Stamatakis, Tam, & Tyler, 2007; White & Abrams, 2002)。出现这种现象是因为个体能够提取目标词的语义信息或特征，但未能充分激活其音韵形式，因而不能说出确切的单词，只能提供单词的部分音韵信息。研究者对此提出了激活不充分假设，认为这种现象是由于个体大脑中语义系统和语音系统之间的联结减弱所导致的(Burke & Shafto, 2004; Taylor & Burke, 2002)，其神经机制与一般的记忆提取失败是不同的(Huijbers et al., 2016)。也有研究者对此提出了干扰假设，认为与目标词有关的单词抑制了目标词的产生，从而导致了 TOT。例如，研究发现在语音相关条件下会发生更多的 TOT (Jones & Langford, 1987)。这两类理论分别从激活“目标词的语言信息”和排除“干扰信息”的角度对口语产生的认知年老化机制进行了阐述，前者认为口语产生的年老化与语言特点有关，表现出语言特异性；后者认为年老化是由于一般认知能力的衰退所导致的，表现出语言非特异性。

关于老年人的语言理解能力是否存在衰退，这一点存在争议。有研究发现，语言理解的一些核心过程在个体一生中保持相对稳定，包括词汇表征的通达和句法表征的构建等(Thornton & Light, 2006; Shafto & Tyler, 2014)。但也有证据表明，老年人的语言理解能力相较于青年人确有衰退，而这种衰退与一般认知能力和知觉能力有关，包括工作记忆和听力的下降等(DeDe & Flax, 2016)。不同于个体流体系统(fluid system)的广泛衰退，以词汇知识为代表的晶体系统(crystal system)在一生中保持稳定甚至持续发展(Ackerman, 2008; Lindenberger & Baltes, 1997; Park, et al., 2002; Salthouse, 1993; Schaie, 1994, 1996; Verhaeghen, 2003)。研究发现，老年人利用语义知识和语境信息的能力甚至强于青年人(Madden, 1988)，以此来弥补其语言加工效率的降低。

最近的一些研究发现，老年人的语义加工能力发生了衰退。Britt, Ferrara 和 Mirman (2016)在图画命名任务中发现，当图片名称具有相近语义邻近词时，老年人的命名反应时显著长于年轻人，但在图

片名称具有可替代词的条件下未出现老化效应。Valente 和 Laganaro (2015)发现，在图片命名任务中老年人的反应时比青年人更长(边缘显著)，准确率更低，但在词汇–图片再认任务中，老年人的准确率却高于青年人。ERP 结果显示，在两种任务中老年人与青年人在早期语义加工阶段平均波幅具有差异，同时，在图片命名任务中老年人在后期语音加工阶段也与青年人具有差异。这表明老年人语义系统内部节点的联结可能也出现了与青年人不同的模式。

1.2　语言能力老化的影响因素

老年人的语言加工能力出现了不同程度的衰退，而这种衰退在语言理解和产生两种过程中的表现模式不同，导致这一现象的原因包括了语言非特异性和语言特异性两方面的因素。

1.2.1　语言非特异性因素

大量研究认为，老年人语言能力的衰退是由于一般认知能力(语言非特异性)衰退所导致的。研究者对此提出了三类理论——加工速度理论、工作记忆理论和抑制缺陷理论，分别认为个体的加工速度、工作记忆和抑制能力影响了其语言任务的表现。

加工速度理论(Salthouse, 1996)认为，认知衰退的主要原因是个体进行认知加工的速度减慢。来自语言理解和产生领域的证据都表明，语言加工的速率随着年龄的增长而降低。例如，老年人阅读句子时识别词汇的速度显著慢于青年人(Kliegl, Grabner, Rolfs, & Engbert, 2004; Rayner, Reichle, Stroud, Williams, & Pollatsek, 2006; Stine-Morrow, Ryan, & Sandra Leonard, 2000)；命名图片时，老年人的命名潜伏期显著长于青年人(Poon & Fozard, 1978; Morrison, Hirsh, Chappell, & Ellis, 2002)。老年人加工速度的下降引起了语言加工过程变慢，潜伏期延长。

工作记忆是对当前工作信息进行存储和操作的认知系统(Baddeley, 1992)。大量研究表明，工作记忆在语言活动中起着至关重要的作用(e.g., Adams & Gathercole, 2000; Baddeley, 2003; Daneman & Merikle, 1996; Ellis, 1996; Gathercole & Baddeley, 2014; Just & Carpenter, 2013; Martin, Shelton, & Yaffee, 1994; Montgomery, 1995; Nation, Adams, Bowyer-Crane, & Snowling, 1999)。随着年龄的增长，个体的工作记忆能力有下降的趋势(e.g., Reuter-Lorenz & Sylvester, 2005; Salthouse, 1994)，尤其是获取新信息和保持原有信息的能力(Swanson, 1999)。研究发现，工作记忆功能的损伤解释了年龄增长所带来的语言能力损伤(例如语篇理解能力的损伤) (de Beni, Borella, & Carretti, 2007; Kemper, 1992a)，训练言语工作记忆能有效地提高语言能力，改善语言任务的成绩，包括言语流畅性任务，句子回忆任务，以及复杂句理解任务等(Payne, 2014)。

抑制缺陷理论(Inhibitory Deficit Theory, IDT)认为，老年人抑制能力的减弱是包括语言能力在内的各种认知能力下降的主要原因。Hasher 和 Zacks (1988)提出，老年人抑制无关信息的能力下降，这使得与当前任务无关的信息进入工作记忆并得到持续的激活，这就阻碍了一部分与任务相关信息的获取，使得工作效率降低。研究表明，抑制能力的缺陷对语言理解和产生过程都具有重要影响(Burke & College, 1997)。在语言理解方面，老年人在识别具有大量邻近词汇(lexical neighbor)的单词时比青年人更加困难(Taler, Aaron, Steinmetz, & Pisoni, 2010)，而且这种困难可以被抑制能力的差异所解释(Sommers & Danielson, 1999)。在语言产生方面，老年人在产生语篇时会出现更多的冗余语言，而且缺乏重点和连贯性(Bortfeld, Leon, Bloom, Schober, & Brennan, 2001)。这种偏题现象正是由于抑制无关信息的能力下降所导致的(Arbuckle & Gold, 1993)。

综上，一般认知能力在语言加工中可能起着重要作用，这些能力的老化可能导致了语言能力的衰退。在本研究中，我们分别针对这三个方面的一般认知能力，采取相应的任务进行测量(具体描述见方法部分)。

1.2.2　语言特异性因素

老年人语言能力的衰退可能是语言特异性的，受到语言学变量的影响。从认知加工资源的角度来讲，研究发现语言活动的某些方面并不受一般认知资源限制。例如在句子理解任务中，言语工作记忆资源的多少并不影响被试对句法信息的加工(Caplan & Waters, 1999, 2005; Waters & Caplan, 1996, 2001)。采用脑电和脑磁技术的研究发现，语言信息加工的最初阶段具有自动化的特点，这可能是因为大脑中语言记忆的神经回路高度互联互通，即便在认知资源极其有限的条件下，这些记忆也能得到充分激活(Shtyrov, 2010)。

激活不充分假设即认为，老年人语言产生能力的衰退是由于语言系统中语义层面和音韵层面(或正字法层面)之间的联结减弱导致的。在汉语口语

词汇产生方面，杨群和张清芳(2015)发现，老年人的图画命名潜伏期长于青年人，老年人的词频效应和音节频率效应大于青年人，且老年人中存在词频和音节频率的交互作用，而在青年组中却未观察到。这表明，随着年龄增长语言学信息之间的作用模式发生了变化。另外，与青年人相比老年人在书写过程中存在更多的提笔忘字现象。MacKay 和 Abrams (1998)发现，在听觉呈现词汇时老年人更有可能产生拼写错误。当要求老年人和青年人判断视觉呈现的词汇拼写是否正确时，二者表现出了同样的准确性；而当要求他们写出刚刚看过的词汇时，老年人表现出了更多的拼写错误(MacKay, Abrams, & Pedroza, 1999)。这些结果表明，正字法表征的通达随着年龄的增长而削弱，这可能是由于老年人的词形表征和语音表征之间的联结减弱所致(Burke et al., 1991)，支持了激活不充分假设的观点。因此，我们认为语言产生能力的老化很可能是由于人类语言加工系统本身的变化所导致的，具有语言特异性。

语言加工系统包含各类表征(语义、韵律和句法等)及其运用，无论是语言理解过程还是产生过程，都涉及到概念层、语义层和语音层表征的提取。老年人在口语词汇产生过程中存在语义和语音联结的减弱，这可能会导致其在词汇、句子和语篇能力水平上产生不同程度的衰退。研究表明，在匹配了青年人和老年人的工作记忆广度后要求他们产生不同难度的句子，老年人在高难度任务中的表现显著差于青年人，而在低难度任务中两组的表现相当(Madden, Sale, & Robinson, 2018)。根据已有研究结果，我们认为在词汇、句子和语篇理解过程中也存在类似的现象。语言任务中涉及到语言系统的不同加工水平，可能会产生不同程度的老化。因此，在本研究中我们测量了被试在词汇、句子和语篇三个水平的语言理解和语言产生能力。根据 Pickering 和 Garrod (2013)所提出的语言产生与理解的整合理论，理解和产生过程的相互影响依赖于二者在短时间内交织进行，即依赖于激活在各水平表征节点之间来回迅速传递。老年人语言信息节点之间的传输效率降低，这很可能使得理解与产生过程彼此贡献减小。因此，我们推测老年人的语言理解和产生能力的相互贡献可能不同于青年人，这种相互贡献可能随着年龄的增长而减小。

语言能力的衰退是由于一般认知能力衰退引起的，还是由于语言加工系统的结构性衰退引起的，抑或是两者共同作用的结果？本研究关注语言能力衰退的机制，具体考察：第一，个体年老化的过程中，在不同的语言加工水平上，语言能力的哪些方面会发生衰退？第二，语言非特异性和语言特异性因素对语言能力老化的影响及贡献率。为了达到上述实验目的，我们选择了两组被试(青年组和老年组)，采用不同任务测量他们的一般认知能力(加工速度、工作记忆和抑制能力)，以及在词汇、句子和语篇加工水平上的语言理解能力和语言产生能力。我们比较两组被试在不同任务上的表现，并通过回归分析确定一般认知能力和语言特异能力对语言能力老化过程的影响。回归分析包括两个阶段：第一阶段，我们分别对青年组和老年组被试建立模型，考察一般认知能力(语言非特异性因素)和语言特异能力(语言特异性因素)对语言任务的作用权重，观察两组被试是否存在贡献模式的差别。第二阶段，我们将两组被试合并，分别控制一般认知能力和语言特异能力，观察其对组间差异的影响。我们预期老年人的一般认知能力、语言理解和语言产生能力与青年人存在显著差异；语言非特异因素和语言特异因素对两组人的贡献模式不同，且控制两类因素均可能缩小组间差异。语言加工过程的老化是语言非特异性因素和语言特异性因素共同作用的结果，且在不同的加工水平上(词汇、句子和语篇)，两类因素的贡献率不同。

2 方法

2.1 被试

实验共招募了 217 名被试。其中，青年人 103 名(在校大学生，46 名男性，平均年龄 20.73 ± 2.25 岁，年龄范围 18~29 岁，平均受教育年限 14.86 ± 1.99 年)；老年人 114 名(社区退休人员，39 名男性，平均年龄 65.24 ± 5.18 岁，年龄范围 60~84 岁，平均受教育年限 12.22 ± 2.94 年)。两组被试的性别比例(χ^2 = 4.48, p = 0.034)、年龄(t = −80.64, p < 0.001, 95% CI = [−45.55, −43.37])、以及平均受教育年限(t = 7.68, p < 0.001, 95% CI = [1.96, 3.32])存在显著差异，故在后续分析中对这三种人口学变量加以控制。所有被试均为汉语普通话母语者，视力或矫正视力均正常，经询问未有报告色盲或色弱病例，无明显运动障碍，能阅读计算机屏幕上的文字并按键反应。所有老年被试均事先通过了蒙特利尔认知评估测试(Montreal Cognitive Assessment, Nasreddine et al., 2005, 成绩大于或等于 26 分时认知能力正

常), 平均分数 27.29 分。所有被试在实验结束后获得一定报酬。

2.2　任务

基于一般认知能力衰退的三种主流理论(即加工速度理论、工作记忆理论和抑制缺陷理论), 我们分别测量了被试的认知加工速度、工作记忆和抑制能力, 并且从词汇、句子和语篇三个水平测量了被试的语言理解能力和语言产生能力。

2.2.1　一般认知能力任务

测量认知加工速度的任务包括数字判断任务和颜色判断任务。这两项任务改编自 Boudiaf 等人(2008)的实验, 测量被试加工视觉和语义信息并做出运动反应的效率, 可以反映被试在语言活动中的认知加工速度。数字判断任务要求被试判断数字的奇偶性并按键反应。每个试次的流程是: 屏幕上首先呈现时间长度为 500 ms 的注视点, 然后呈现 2 到 9 这 8 个数字中的某一个, 被试需要判断该数字是奇数还是偶数, 并分别用左手或右手的食指按键反应。一旦被试做出反应, 便立即进入下一个试次。在整个任务中 8 个数字每个呈现三次, 按照随机顺序呈现。颜色判断任务要求被试判断颜色块的颜色并按键反应。每个试次的流程是: 屏幕上首先呈现时间长度为 500 ms 的注视点, 然后呈现红色或蓝色的颜色块, 被试需要判断该色块是红色还是蓝色, 并分别用左手或右手的食指按键反应。一旦被试做出反应, 便立即进入下一个试次。在整个任务中红色块和蓝色块各呈现 12 次, 按照随机顺序呈现, 记录被试的反应时和反应正确率。由于实验任务难度很低, 采用正确率(accuracy, ACC)作为指标无法有效反应被试的加工速度, 故采用反应时(RT)作为指标, 两个任务中每个被试的平均 RT 纳入后续分析。

测量工作记忆的任务包括数字广度正背和倒背任务。这两项任务改编自韦克斯勒智力量表第三版(the third edition of Wechsler Adult Intelligence Scale, WAIS-III, Wechsler, 1997)。在数字广度正背任务中, 被试听到提前录制的数字串按照每秒一个数字的速度播放。在数字串播放完毕后, 被试需要复述所听到的数字串, 复述正确则听下一个数字串(该数字串的长度比前一个数字串长一个数字), 复述错误则听另一个长度相同的数字串。如果第二个数字串复述正确则继续实验, 错误则实验停止。被试在该任务上的分数通过成功复述的数字串长度来计算, 分值最小为 1 分(3 个数字), 最大为 10 分(13 个数字)。在倒背任务中, 被试需要按照倒序复述所听到的数字串, 其他规则与正背任务相同。分值最小为 2 分(2 个数字), 最大为 10 分(10 个数字)。每个被试在两个任务上的得分纳入后续分析。

对抑制能力的测量采用经典的 STROOP 色词判断任务。该任务改编并翻译自 Golden 和 Freshwater (1978)的研究。任务中所用的材料为三种颜色(红色、蓝色和黄色)以及三个单字词("红"、"蓝"和"黄")。颜色与词随机组合成为一致项(例如, 红色的"红")和不一致项(例如, 蓝色的"红")。任务中每个试次的流程是: 屏幕上首先呈现时间长度为 500 ms 的注视点和 1000 ms 的空白屏, 之后呈现单字词, 被试需要忽略字义而判断字的颜色, 分别用左手或右手的食指、中指和无名指按相应键进行反应。每个被试一致条件与不一致条件下的平均 RT 的差值(即 STROOP 效应)纳入后续分析。

2.2.2　语言理解能力任务

词汇理解任务。该任务是一项词汇生命性判断任务。实验材料为 30 个双字词, 均来自张清芳和杨玉芳(2003)以及 Liu, Hao, Li 和 Shu (2011)建立的标准化图片库中图片的名称, 其中一半词语所代表的概念具有生命性(如"小鸟"), 另一半所代表的概念则不具有生命性(如"梯子")。任务中每个试次的流程是: 屏幕上首先呈现时间长度为 500 ms 的注视点和 500 ms 的空白屏, 之后呈现需要判断的名词, 被试需要根据名词的生命性分别用双手食指按相应键反应。按键后屏幕呈现时间长度为 500 ms 的空白屏, 之后进入下一个实验试次。每个被试的平均 RT 纳入后续分析。

句子理解任务。该任务是一项句子含义判断任务。实验材料为 30 个独立的句子(目标句), 以及与每个目标句一一匹配的另外 30 个句子(判断句)。这 30 个判断句中, 一半与目标句在句意上一致, 另一半则不一致。材料中有三类目标句: 10 个花园路径句, 选自张蕊(2017)的研究; 10 个定义句(即介绍一个新异的概念); 另外 10 个为特殊句式, 包括 5 个双重否定句和 5 个反义疑问句。任务中每个试次的流程是: 屏幕上首先呈现一个时间长度为 500 ms 的注视点和 500 ms 的空白屏, 然后呈现目标句。被试阅读完目标句之后按空格键, 即呈现判断句。被试需要判断该句与目标句的句意是否一致, 分别用左手或右手的食指按相应键进行反应。被试按键后呈现时间长度为 500 ms 的空白屏, 然后进入下一个试次。每个被试所作判断的 ACC 纳入后

续分析。

语篇理解任务。该任务与句子理解任务的形式类似。实验材料改编自李晓庆和杨玉芳(2005)的研究，为 30 段与科技相关的叙事性语篇(目标语篇)，以及与每段目标语篇一一匹配的 30 个句子(判断句)。这 30 个判断句中，一半与目标语篇在含义上一致，另一半则不一致。任务中每个试次的流程是：屏幕上首先呈现一个时间长度为 500 ms 的注视点和 500 ms 的空白屏，然后呈现目标语篇。被试阅读完目标语篇之后按空格键，即呈现判断句。被试需要判断该句与语篇的含义是否一致，分别用左手或右手的食指按相应键进行反应。被试按键后呈现时间长度为 500 ms 的空白屏，然后进入下一个试次。每个被试所作判断的 ACC 纳入后续分析。

2.2.3 语言产生能力任务

词汇产生任务。由两类言语流畅性任务组成，包括两个语义流畅性(semantic fluency)任务和两个音位流畅性(phonemic fluency)任务。在语义流畅性任务中，被试需要在 1 分钟内尽可能多地说出动物类别(任务一)或水果类别(任务二)的词语；在音位流畅性任务中，被试需要在 1 分钟内尽可能多地说出以/y/开头(任务一)或以/sh/开头(任务二)的词语。4 个任务按照随机顺序呈现。每个被试所有正确产生的词语个数即为该被试词汇产生任务的分数，纳入后续分析。

句子产生任务。改编自 Kemper, Herman 和 Lian (2003)的研究。实验材料为 3 组名词(人物、地点和客体)，每一组包括 12 个名词，共计 36 个名词，均选择并翻译自 Howard (1980)的标准化词库，且均为高频词(Cai & Brysbaert, 2010)。整个实验任务共计 36 个试次，每一个试次的流程是：屏幕上首先呈现时间长度为 500 ms 的注视点和长度为 500 ms 的空白屏，然后呈现上下排列的 2 个、3 个或 4 个名词(每种条件下有 12 个试次)。被试需要根据这些名词产生一个正确的句子，要求句子中要包含所有呈现的名词。一旦被试开口发音，屏幕上的名词即消失，留下时间长度为 10 s 的空白屏，同时录音收集被试的语料。每个试次所呈现的名词中都至少包括一个人物名词，每个人物名词在整个实验中呈现 3 次。Kemper 等人(2003)的研究表明，在比较青年被试与老年被试所产生的句子时，其句长指标与其他句子复杂性指标的模式相同，可以有效反映句子的复杂程度。即被试所产生的句子越长，句子产生能力越强。因此，我们采用每个被试所产生句子的加权平均句长[1]作为该任务的得分，纳入后续分析。

语篇产生任务。该任务材料选自 Mayer (1969)的图画故事叙述材料《小青蛙，你在哪里？》(*Frog, Where Are You?*)，共计 24 张无文字的图画。实验中，图片按照故事顺序依次在屏幕上呈现，被试需要一边观看图片一边讲述该故事。当一张图片讲述完成，被试按空格键呈现下一张图片，直至结束。每个被试的语料从三个维度进行编码和计分：情节、主题和遭遇(具体参见 Miles & Chapman, 2002)，三个维度的得分之和为被试在该任务上的得分，纳入后续分析。

2.3 程序

实验程序采用 E-Prime 3.0 软件(Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA)编写并在电脑上呈现。每个被试先完成测量加工速度、工作记忆和抑制能力的一般认知能力任务，然后再分别完成语言理解和语言产生任务。由于语言任务耗时较长，完成理解和产生任务的顺序在被试间平衡。整个实验持续约两小时，实验中间有休息。

3 结果

6 名老年被试由于没有完成所有的实验项目而被删除，共计 211 名被试进入了数据分析。

3.1 描述统计

表 1 所示为青年组和老年组被试在全部 11 项任务中得分的平均值和标准差，以及两组差异的 Cohen’s *d* 值。*t* 检验的结果表明，青年组和老年组的表现在所有任务上均存在显著差异。在差异的效应量(Cohen's *d*)上，除了 STROOP 任务的两组差异效应值处于中等水平外，其余各任务的两组差异效应量都很大。为方便后续结果的呈现，我们将所有反应时指标进行了取相反数处理。图 1 所示为两组被试各任务平均得分的 Z 分数及其 95%置信区间，将青年人和老年人的数据放在一个分布中衡量时，青年人的 Z 分数显著高于老年人。

3.2 各变量之间的相关分析

为比较青年组和老年组在各任务表现相关模

[1] 在句子产生任务中，每位被试所产生的正确句子数量差异较大(正确率范围为 0.17~1，标准差为 0.18)。因此，为了结合正确率和正确句子句长，我们采用加权平均句长作为句子产生任务的得分，即将被试所产生的错误句子长度记为 0，然后计算所有句子的平均句长。经验证，加权平均句长与句子产生任务正确率的相关系数为 0.74，与平均句长的相关系数为 0.77。采用因子分析发现，平均句长、加权平均句长和句子产生正确率三个指标可提取一个因子，其中加权平均句长在该因子上的载荷为 0.99。

表 1　青年组与老年组在各项任务上的描述统计结果

任务	青年组(n = 103)		老年组(n = 108)		t	p	95% CI	Cohen's d	指标
	M	SD	M	SD					
数字判断	622.81	95.68	728.31	111.45	−7.36	<0.001	[77.25, 133.75]	1.02	反应时(ms)
颜色判断	444.95	69.34	535.35	83.69	−8.56	<0.001	[69.58, 111.22]	1.18	反应时(ms)
数字广度正背	7.36	1.18	5.57	1.22	10.78	<0.001	[1.46, 2.11]	1.49	分数
数字广度倒背	7.42	1.53	4.81	1.22	13.67	<0.001	[2.24, 2.99]	1.89	分数
STROOP	74.75	88.52	128.41	113.37	−3.84	<0.001	[26.11, 81.19]	0.53	反应时(ms)
词汇理解	737.85	224.24	1284.78	631.07	−8.46	<0.001	[419.13, 674.73]	1.15	反应时(ms)
句子理解	0.76	0.08	0.58	0.09	15.13	<0.001	[0.15, 0.20]	2.11	准确率
语篇理解	0.82	0.08	0.66	0.08	14.53	<0.001	[0.13, 0.18]	2.00	准确率
词汇产生	69.39	14.95	35.26	10.63	19.03	<0.001	[30.59, 37.67]	2.63	分数
句子产生	12.03	2.92	8.47	2.94	8.85	<0.001	[2.77, 4.36]	1.22	分数
语篇产生	17.64	2.20	11.25	4.70	12.77	<0.001	[5.41, 7.39]	1.74	分数

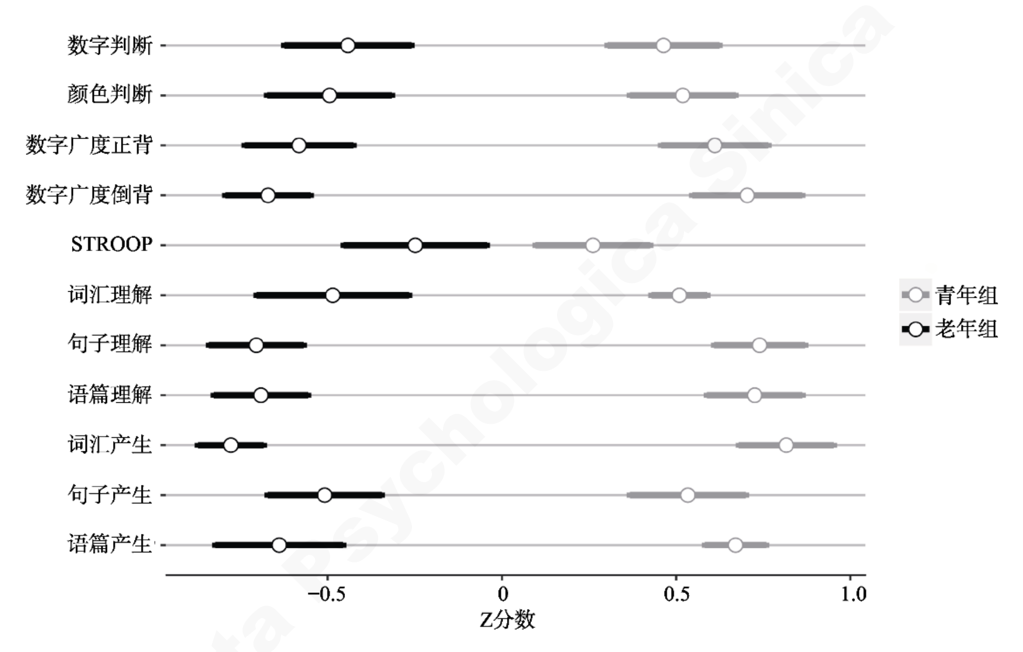


图 1　青年组与老年组各项任务平均分的 Z 分数，线段表示 95%置信区间

式上的差别，我们进行了相关分析，发现两组被试在任务间相关模式上具有差异。表 2 所示为控制了人口学变量(性别、年龄和受教育年限)后，青年组和老年组各任务得分之间的皮尔逊相关系数。可以看出，青年组与老年组的各任务相关模式不同。在一般认知能力各个任务的相关关系中，青年人比老年人表现出更多的显著相关。例如，青年人的 STROOP 任务与数字判断、颜色判断和数字广度倒背任务之间的相关都是显著的，而老年人的 STROOP 任务仅仅与数字判断存在显著相关。在语言理解能力中，青年组的语言理解能力与一般认知任务之间呈现出更多的显著相关，而老年人则少一些。例如，青年人的词汇和句子理解任务与加工速度任务(数字判断或颜色判断)和抑制能力任务之间有显著相关，而老年组的词汇和句子理解任务仅与加工速度任务中的颜色判断任务之间有显著相关。在语篇理解能力任务中，青年组中仅发现了句子理解和语篇理解之间的显著相关，而老年组的语言理解任务与一般认知能力中的加工速度任务、工作记忆任务(数字广度倒背)都有显著相关，与词汇理解和句子理解任务不相关。在语言产生能力任务中，青年人的词汇产生与一般认知能力任务、词汇理解和句子理解之间均有显著相关，而老年人的词汇产生任务与工作记忆任务和词汇理解之间有显著相关；青年人的句子产生与句子理解之间有显著相关，老年人的句子产生与工作记忆任务显著相关；青年人的语篇产生与句子产生之间有显著相关，老年人的语篇产生与加工速度任务、句子理解、词汇产生

表 2 青年组与老年组在各项任务上的皮尔逊相关系数

组别	任务	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
青年组	1. 数字判断	–									
	2. 颜色判断	0.64***	–								
	3. 数字广度正背	0.29**	0.04	–							
	4. 数字广度倒背	0.28**	0.16	0.56***	–						
	5. STROOP	0.24*	0.27**	0.15	0.26**	–					
	6. 词汇理解	0.56***	0.49***	0.08	0.1	0.32**	–				
	7. 句子理解	0.27**	0.12	0.19	0.22*	0.22	0.22*	–			
	8. 语篇理解	0.07	0.04	0.04	0.18	0.13	0.1	0.21*	–		
	9. 词汇产生	0.27**	0.21*	0.22*	0.09	0.2*	0.35***	0.38***	0.08	–	
	10. 句子产生	0.10	−0.05	0.03	0.11	0.03	0.03	0.09	−0.28**	0.16	–
	11. 语篇产生	0.13	0.11	−0.17	0.02	−0.06	−0.06	0.06	−0.05	0.26**	0.18
老年组	1. 数字判断	–									
	2. 颜色判断	0.64***	–								
	3. 数字广度正背	0.11	0.03	–							
	4. 数字广度倒背	0.08	0.08	0.48***	–						
	5. STROOP	0.24*	0.16	0.00	0.02	–					
	6. 词汇理解	0.16	0.19*	0.12	0.17	−0.04	–				
	7. 句子理解	0.01	0.20*	0.02	0.07	0.03	0.14	–			
	8. 语篇理解	0.28**	0.21*	0.11	0.21*	−0.01	0.15	0.16	–		
	9. 词汇产生	0.06	0.11	0.26**	0.22*	−0.03	0.33***	0.08	0.13	–	
	10. 句子产生	0.10	0.16	0.11	0.26**	0.11	0.06	0.18	0.09	0.21*	–
	11. 语篇产生	0.28**	0.23*	0.04	0.14	0.06	0.19	0.24*	0.27**	0.14	0.28**

注：控制了性别、年龄和受教育年限。$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

和句子产生之间均有显著相关。

3.3 分层线性回归模型

回归分析的目的是考察哪些语言特异性因素和非特异性因素显著影响了语言理解能力和语言产生能力，从语言能力的三个水平(词汇、句子和语篇)来进行，分为两个分析阶段：

第一阶段的分析关注青年人与老年人在各项语言任务上的模式差别。为探究一般认知能力和语言产生能力对语言理解能力的贡献，并比较两者在青年组和老年组间的贡献模式差异，我们建立了 6 个分层线性回归模型，每个模型分为 3 层：第一层为人口学变量，包括性别、年龄和受教育年限；第二层加入一般认知能力变量，包括数字判断、颜色判断、数字广度正背、数字广度倒背以及 STROOP 任务的得分；第三层加入语言产生能力变量，包括词汇产生、句子产生以及语篇产生任务的得分。本研究中所有的分层回归模型均按照上述顺序逐步放入三类变量。回归分析的指标为 R^2，又叫做测定系数(coefficient of determination)，取值在 0~1 之间，表示回归平方和对总平方和的贡献(张厚粲，徐建平，2003)，即预测变量的变异解释了被预测变量变异的百分之多少。由于语言加工过程同时受到一般认知能力和语言特异能力的影响，在数据分析中控制了一般认知能力后，语言特异的加工过程如果仍然显著(如语言理解能力对语言产生任务得分的显著预测或者语言产生能力对语言理解任务得分的显著预测)，则表明语言加工过程受到了语言特异性因素的影响。第一层与第二层之间可计算 ΔR^2，表示当控制了人口学变量之后，一般认知能力变量对语言理解任务得分的解释量，即一般认知能力对语言理解能力的贡献；第二层与第三层之间同样可计算 ΔR^2，表示当控制人口学变量以及一般认知能力变量之后，语言产生能力变量对语言理解任务得分的解释量，即语言产生能力对语言理解能力的特异性贡献(结果如表 3 所示)。在词汇理解任务中，青年组被试的一般认知能力贡献显著(尤其是数字判断任务的得分)，而在老年组被试中并未观测到此现象。在句子理解任务中，青年组被试的一般认知能力和语言产生能力对语言理解能力都有显著的贡献，而在老年组被试中两种能力的贡献均不显

表 3　一般认知能力和语言产生能力对词汇理解、句子理解和语篇理解任务得分的分层回归分析[B (*SE*)]

任务	预测变量	青年组			老年组		
		步骤 1	步骤 2	步骤 3	步骤 1	步骤 2	步骤 3
词汇理解	性别	0.073 (0.084)	0.078 (0.069)	0.057 (0.071)	0.253 (0.244)	0.322 (0.243)	0.345 (0.239)
	年龄	0.746 (0.963)	1.092 (0.787)	1.220 (0.759)	0.036 (0.494)	0.062 (0.499)	0.010 (0.484)
	受教育年限	−0.085 (0.137)	−0.163 (0.113)	−0.232 (0.111)*	0.099 (0.110)	0.021 (0.113)	−0.026 (0.111)
	数字判断		0.214 (0.057)***	0.216 (0.056)***		0.086 (0.154)	0.070 (0.152)
	颜色判断		0.096 (0.058)	0.083 (0.056)		0.189 (0.159)	0.142 (0.155)
	数字广度正背		−0.019 (0.053)	−0.082 (0.054)		0.055 (0.157)	−0.023 (0.155)
	数字广度倒背		−0.036 (0.051)	−0.002 (0.050)		0.247 (0.199)	0.197 (0.198)
	STROOP		0.092 (0.043)*	0.063 (0.042)		−0.095 (0.107)	−0.073 (0.104)
	词汇产生			0.160 (0.054)**			0.677 (0.233)**
	句子产生			−0.004 (0.039)			−0.109 (0.138)
	语篇产生			−0.202 (0.081)*			0.144 (0.125)
		$R^2 = 0.012$	$\Delta R^2 = 0.372^{***}$	$\Delta R^2 = 0.071^{*}$	$R^2 = 0.017$	$\Delta R^2 = 0.072$	$\Delta R^2 = 0.088^{*}$
句子理解	性别	0.366 (0.133)**	0.331 (0.13)*	0.226 (0.134)	−0.086 (0.151)	−0.034 (0.151)	0.026 (0.151)
	年龄	−0.140 (1.527)	−0.047 (1.478)	−0.213 (1.43)	−0.436 (0.305)	−0.301 (0.310)	−0.249 (0.306)
	受教育年限	−0.018 (0.218)	−0.050 (0.212)	−0.087 (0.210)	0.051 (0.068)	0.017 (0.070)	−0.014 (0.070)
	数字判断		0.220 (0.107)*	0.185 (0.106)		−0.156 (0.096)	−0.190 (0.096)
	颜色判断		−0.10 (0.109)	−0.125 (0.106)		0.252 (0.099)*	0.227 (0.098)*
	数字广度正背		0.023 (0.099)	−0.048 (0.102)		0.008 (0.097)	0.020 (0.098)
	数字广度倒背		0.086 (0.096)	0.126 (0.094)		0.062 (0.124)	0.000 (0.125)
	STROOP		0.121 (0.080)	0.081 (0.079)		0.017 (0.066)	0.013 (0.066)
	词汇产生			0.327 (0.101)**			0.003 (0.148)
	句子产生			−0.001 (0.074)			0.079 (0.088)
	语篇产生			−0.073 (0.153)			0.164 (0.079)*
		$R^2 = 0.076^{*}$	$\Delta R^2 = 0.116^{*}$	$\Delta R^2 = 0.087^{*}$	$R^2 = 0.030$	$\Delta R^2 = 0.065$	$\Delta R^2 = 0.056$
语篇理解	性别	0.049 (0.145)	0.019 (0.149)	−0.095 (0.152)	0.030 (0.146)	0.064 (0.142)	0.110 (0.144)
	年龄	0.018 (1.666)	0.179 (1.684)	0.308 (1.618)	0.023 (0.296)	−0.001 (0.291)	0.023 (0.291)
	受教育年限	−0.034 (0.237)	−0.038 (0.242)	−0.147 (0.237)	0.200 (0.066)**	0.158 (0.066)*	0.138 (0.067)*
	数字判断		0.037 (0.122)	0.097 (0.120)		0.188 (0.090)*	0.159 (0.091)
	颜色判断		−0.034 (0.124)	−0.114 (0.120)		0.027 (0.093)	0.013 (0.093)
	数字广度正背		−0.085 (0.113)	−0.163 (0.115)		−0.008 (0.091)	−0.008 (0.093)
	数字广度倒背		0.177 (0.109)	0.240 (0.107)*		0.209 (0.116)	0.181 (0.119)
	STROOP		0.081 (0.091)	0.062 (0.089)		−0.050 (0.062)	−0.046 (0.062)
	词汇产生			0.155 (0.114)			0.078 (0.140)
	句子产生			−0.279 (0.084)**			−0.025 (0.083)
	语篇产生			−0.106 (0.173)			0.140 (0.075)
		$R^2 = 0.002$	$\Delta R^2 = 0.047$	$\Delta R^2 = 0.115^{**}$	$R^2 = 0.084^{*}$	$\Delta R^2 = 0.112^{*}$	$\Delta R^2 = 0.032$

注：所有连续变量均经过标准化处理。$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

著。在语篇理解任务中，青年组被试的语言产生能力对该任务有显著贡献，而老年组被试则是一般认知能力贡献显著。

同样地，为探究一般认知能力和语言理解能力对语言产生能力的贡献，并比较两者在青年组和老年组间的贡献模式差异，我们建立了类似的 6 个分层线性回归模型，每个模型分为 3 层：第一层和第二层为人口学变量和一般认知能力变量，第三层加入语言理解能力变量，包括词汇理解、句子理解以及语篇理解任务的得分。第二层与第三层之间的 ΔR^2表示当控制了人口学变量以及一般认知能力变量之后，语言理解能力变量对语言产生任务得分的解释量，即语言理解能力对语言产生能力的特异性贡献(结果如表 4 所示)。在词汇产生任务中，青年

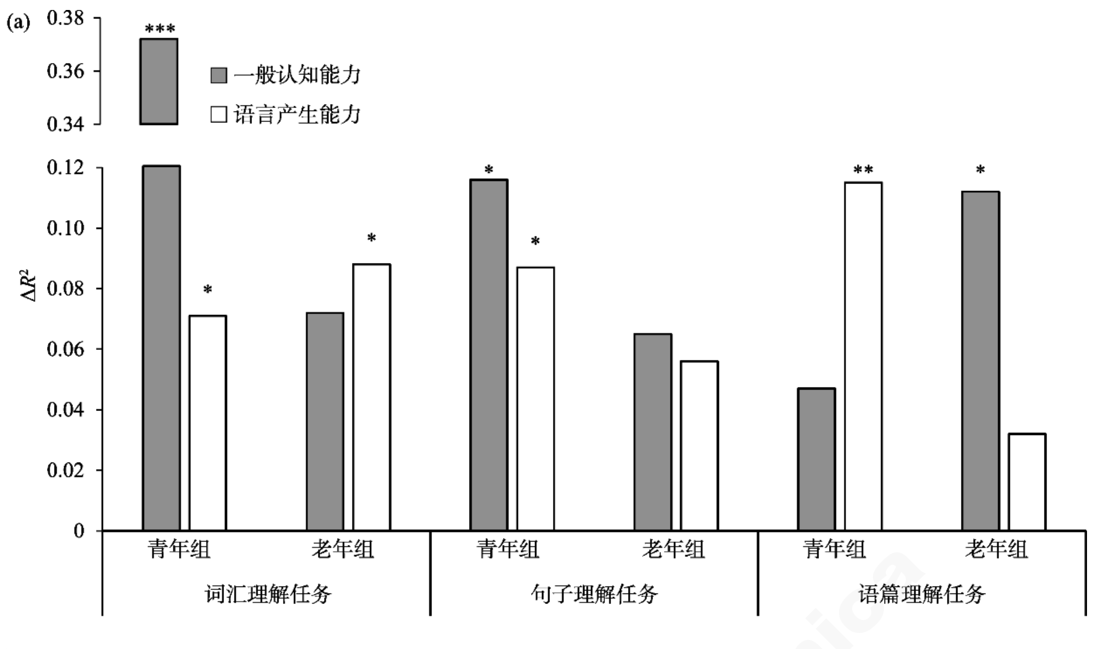
表 4 一般认知能力和语言理解能力对词汇产生、句子产生和语篇产生任务得分的分层回归分析[B (*SE*)]

任务	预测变量	青年组			老年组		
		步骤 1	步骤 2	步骤 3	步骤 1	步骤 2	步骤 3
词汇产生	性别	0.335 (0.138)*	0.362 (0.136)**	0.225 (0.132)	0.018 (0.104)	0.040 (0.103)	0.000 (0.101)
	年龄	0.774 (1.587)	0.784 (1.538)	0.361 (1.458)	0.093 (0.211)	0.112 (0.211)	0.106 (0.206)
	受教育年限	0.053 (0.226)	0.045 (0.221)	0.126 (0.210)	0.098 (0.047)*	0.060 (0.048)	0.052 (0.048)
	数字判断		0.131 (0.112)	−0.025 (0.114)		−0.027 (0.065)	−0.044 (0.066)
	颜色判断		0.072 (0.113)	0.066 (0.108)		0.075 (0.067)	0.050 (0.068)
	数字广度正背		0.182 (0.103)	0.182 (0.097)		0.130 (0.066)	0.123 (0.065)
	数字广度倒背		−0.100 (0.100)	−0.114 (0.095)		0.082 (0.084)	0.045 (0.084)
	STROOP		0.112 (0.083)	0.036 (0.081)		−0.019 (0.045)	−0.006 (0.044)
	词汇理解			0.401 (0.190)*			0.119 (0.042)**
	句子理解			0.32 (0.102)**			0.002 (0.068)
	语篇理解			0.001 (0.090)			0.037 (0.072)
		$R^2 = 0.084^*$	$\Delta R^2 = 0.113^*$	$\Delta R^2 = 0.118^{**}$	$R^2 = 0.041$	$\Delta R^2 = 0.090$	$\Delta R^2 = 0.073^*$
句子产生	性别	−0.201 (0.173)	−0.276 (0.177)	−0.317 (0.176)	−0.059 (0.179)	−0.015 (0.177)	−0.005 (0.179)
	年龄	0.383 (1.990)	0.428 (2.010)	0.467 (1.944)	−0.212 (0.363)	−0.127 (0.363)	−0.075 (0.367)
	受教育年限	−0.196 (0.284)	−0.252 (0.289)	−0.255 (0.279)	0.163 (0.081)*	0.119 (0.082)	0.116 (0.085)
	数字判断		0.246 (0.146)	0.223 (0.152)		−0.028 (0.112)	−0.001 (0.118)
	颜色判断		−0.243 (0.148)	−0.246 (0.145)		0.138 (0.116)	0.098 (0.120)
	数字广度正背		−0.117 (0.135)	−0.154 (0.130)		−0.010 (0.114)	−0.011 (0.115)
	数字广度倒背		0.139 (0.130)	0.200 (0.127)		0.335 (0.145)*	0.328 (0.149)*
	STROOP		0.014 (0.109)	0.027 (0.108)		0.070 (0.078)	0.066 (0.079)
	词汇理解			0.036 (0.253)			−0.015 (0.074)
	句子理解			0.138 (0.137)			0.168 (0.120)
	语篇理解			−0.403 (0.120)**			0.003 (0.128)
		$R^2 = 0.032$	$\Delta R^2 = 0.046$	$\Delta R^2 = 0.104^*$	$R^2 = 0.047$	$\Delta R^2 = 0.091$	$\Delta R^2 = 0.018$
语篇产生	性别	0.215 (0.089)*	0.188 (0.090)*	0.187 (0.093)*	−0.408 (0.198)*	−0.358 (0.194)	−0.387 (0.190)*
	年龄	1.049 (1.026)	1.248 (1.015)	1.492 (1.023)	−0.296 (0.400)	−0.261 (0.399)	−0.188 (0.389)
	受教育年限	−0.237 (0.146)	−0.299 (0.146)*	−0.333 (0.147)*	0.170 (0.089)	0.131 (0.090)	0.091 (0.090)
	数字判断		0.107 (0.074)	0.142 (0.080)		0.216 (0.123)	0.210 (0.125)
	颜色判断		−0.004 (0.075)	0.021 (0.076)		0.084 (0.127)	−0.001 (0.128)
	数字广度正背		−0.166 (0.068)*	−0.175 (0.068)*		−0.071 (0.125)	−0.075 (0.122)
	数字广度倒背		0.087 (0.066)	0.082 (0.067)		0.215 (0.159)	0.136 (0.158)
	STROOP		−0.056 (0.055)	−0.040 (0.057)		−0.010 (0.085)	0.004 (0.083)
	词汇理解			−0.214 (0.133)			0.076 (0.078)
	句子理解			0.056 (0.072)			0.257 (0.128)*
	语篇理解			−0.045 (0.063)			0.210 (0.135)
		$R^2 = 0.077^*$	$\Delta R^2 = 0.079$	$\Delta R^2 = 0.031$	$R^2 = 0.081^*$	$\Delta R^2 = 0.091$	$\Delta R^2 = 0.073^*$

注：所有连续变量均经过标准化处理。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

组被试的一般认知能力和语言理解能力对语言产生能力都有显著贡献，而老年组被试仅语言理解能力的贡献达到了显著水平。在句子产生任务中，青年组被试的语言理解能力贡献显著，而老年组被试的两种能力都没有显著贡献。在语篇产生任务中，青年组被试的一般认知能力和语言理解能力都没有显著的贡献，而老年组被试的语言理解能力对该任务贡献显著。第一阶段分层回归分析的结果汇总如图 2 所示。

为检验一般认知能力、语言理解和语言产生能力的各子成分对语言任务表现的预测作用，我们采用前进逐步回归(forward selection)将各预测变量逐个放入回归方程，观察具体每个指标对语言能力的解释量，结果如表 5 所示。对于词汇水平的加工，青



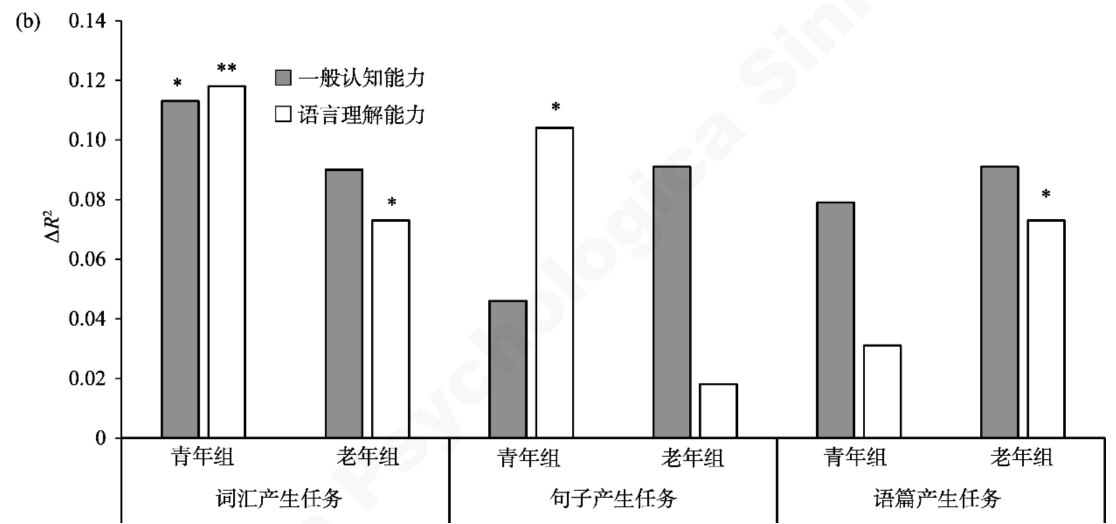


图 2　(a)语言理解任务的分层回归模型中分别控制一般认知能力和语言产生能力后的 ΔR^2；(b) 语言产生任务的分层回归模型中分别控制一般认知能力和语言理解能力后的 ΔR^2。$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

年组的理解能力能够被数字判断、颜色判断以及词汇产生任务分数所解释，产生能力能够被词汇理解和句子理解任务分数所解释；而老年组的理解能力则能够被词汇产生任务得分所解释，产生能力能够被数字广度倒背和词汇理解任务得分所解释。对于句子水平的加工，青年组的理解能力能够被数字广度倒背和词汇产生任务得分所解释，产生能力能够被语篇理解任务得分所解释；而老年组的理解能力则能够被语篇产生任务得分所解释，产生能力能够被数字广度倒背任务得分所解释。对于语篇水平的加工，青年组的理解能力能够被数字广度倒背和句子产生任务得分所解释，产生能力未发现显著的认知能力或语言能力因素；而老年组的理解能力则能够被数字判断和语篇产生任务得分所解释，产生能力能够被颜色判断和语篇理解任务得分所解释。

在第二阶段的回归分析中，我们联合分析两组被试各项任务的得分，引入“组别”变量作为组间差异的指标。通过控制各变量后观察“组别”变量对模型解释量的变化，可以探索一般认知能力和语言能力对于语言任务得分组间差异的影响。

为探究一般认知能力和语言产生能力对语言理解任务得分组间差异的贡献，我们对每个水平上的理解任务建立了 3 个模型，每个模型分为两层。在模型 1 中，第一层为人口学变量，第二层加入组别。此时 ΔR^2表示在控制了人口学变量之后，组别

表 5　一般认知任务、语言产生任务或语言理解任务对语言理解能力或语言产生能力的解释量(ΔR^2)

语言能力	预测变量	青年组			老年组		
		词汇水平	句子水平	语篇水平	词汇水平	句子水平	语篇水平
语言理解	性别	–	0.031*	–	–	–	–
	年龄	–	–	–	–	–	–
	受教育年限	–	–	–	–	–	0.053*
	数字判断	0.301***	–	–	–	–	0.042*
	颜色判断	0.032*	–	–	–	–	–
	数字广度正背	–	–	–	–	–	–
	数字广度倒背	–	0.037*	0.046*	–	–	–
	STROOP	–	–	–	–	–	–
	词汇产生	0.041*	0.168***	–	0.112***	–	–
	句子产生	–	–	0.074**	–	–	–
	语篇产生	–	–	–	–	0.069**	0.094**
语言产生	性别	–	–	0.042*	–	–	–
	年龄	–	–	–	–	–	–
	受教育年限	–	–	–	–	–	–
	数字判断	–	–	–	–	–	–
	颜色判断	–	–	–	–	–	0.047*
	数字广度正背	–	–	–	–	–	–
	数字广度倒背	–	–	–	0.062**	0.079**	–
	STROOP	–	–	–	–	–	–
	词汇理解	0.073**	–	–	0.112***	–	–
	句子理解	0.168***	–	–	–	–	–
	语篇理解	–	0.074**	–	–	–	0.094**

注：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

对各语言理解任务得分的解释量。在模型 2 中，第一层为人口学变量和一般认知能力变量，第二层加入组别。此时的 ΔR^2表示，在控制了人口学变量和一般认知能力变量之后，组别对各语言理解任务得分的解释量。在模型 3 中，第一层为人口学变量、一般认知能力变量和语言产生能力变量，第二层加入组别。此时的 ΔR^2表示在将人口学变量、一般认知能力变量以及语言产生能力变量都控制之后，组别对各语言理解任务得分的解释量。由于我们将 R^2和 ΔR^2均视为数值(解释量与解释量的变化量)，可以计算模型 1 和模型 2 之间 ΔR^2的差值，即 $\Delta\Delta R^2$，表示由于控制了一般认知能力变量，组别解释量的减小量。同理，模型 2 和模型 3 之间的 $\Delta\Delta R^2$表示由于控制了语言产生能力变量，组别解释量的减小量(结果如表 6 所示)。在模型 3 中，当将人口学、一般认知能力以及语言产生能力变量都进行控制后，组别对词汇理解任务的解释量不显著。对于句子理解和语篇理解任务，即便将三种变量都进行控制，组别仍然能显著解释任务的变异。在全部三项语言理解任务中，模型 1 与模型 2 之间的 $\Delta\Delta R^2$均大于模型 2 与模型 3 之间的 $\Delta\Delta R^2$。

同样地，为探究一般认知能力和语言理解能力对语言产生任务得分组间差异的贡献，我们按照同样的方式对每个水平上的产生任务建立了 3 个模型(结果如表 7 所示)。对于每一项语言产生任务，模型 3 中组别的解释量均显著，即当控制了人口学、一般认知能力以及语言理解能力变量后，三项产生任务均仍存在显著的组间差异。另外，在全部三项语言产生任务中，模型 1 与模型 2 之间的 $\Delta\Delta R^2$均大于模型 2 与模型 3 之间的 $\Delta\Delta R^2$。第二阶段分层回归分析结果汇总如图 3 所示。

4　讨论

我们考察了语言非特异性和语言特异性因素对语言能力老化的影响。我们首先比较了青年组和老年组被试在语言理解、语言产生和一般认知能力任务上的表现，发现在测量语言理解能力、语言产生能力和一般认知能力的所有任务上，青年被试与

表 6　一般认知能力和语言产生能力对词汇理解、句子理解和语篇理解任务得分组间差异的分层回归分析[B (*SE*)]

任务	预测变量	模型 1		模型 2		模型 3	
		步骤 1	步骤 2	步骤 1	步骤 2	步骤 1	步骤 2
词汇理解	性别	0.031 (0.137)	0.145 (0.125)	0.160 (0.125)	0.184 (0.123)	0.116 (0.122)	0.124 (0.123)
	受教育年限	0.287 (0.067)***	0.069 (0.068)	0.078 (0.066)	0.022 (0.067)	−0.007 (0.066)	−0.011 (0.067)
	(组别)		−0.951 (0.136)***				
	数字判断			0.106 (0.089)	0.105 (0.087)	0.080 (0.086)	0.083 (0.086)
	颜色判断			0.232 (0.089)*	0.177 (0.089)*	0.156 (0.087)	0.151 (0.088)
	数字广度正背			0.093 (0.087)	0.047 (0.087)	0.010 (0.087)	0.007 (0.087)
	数字广度倒背			0.203 (0.090)*	0.089 (0.095)	0.097 (0.092)	0.083 (0.095)
	STROOP			−0.025 (0.064)	−0.042 (0.063)	−0.042 (0.062)	−0.044 (0.062)
	(组别)				−0.568 (0.180)**		
	词汇产生					0.344 (0.089)***	0.314 (0.103)**
	句子产生					−0.021 (0.071)	−0.024 (0.071)
	语篇产生					0.080 (0.079)	0.069 (0.082)
	组别						−0.129 (0.225)
		R^2 = 0.082***	ΔR^2 = 0.175***	R^2 = 0.282***	ΔR^2 = 0.034**	R^2 = 0.351***	ΔR^2 = 0.001
					$\Delta\Delta R^2$ = 0.141		$\Delta\Delta R^2$ = 0.033
句子理解	性别	−0.009 (0.133)	0.162 (0.099)	0.138 (0.112)	0.186 (0.099)	0.117 (0.101)	0.160 (0.098)
	受教育年限	0.371 (0.065)***	0.043 (0.054)	0.140 (0.059)*	0.029 (0.054)	0.019 (0.055)	−0.004 (0.053)
	(组别)		−1.426 (0.108)***				
	数字判断			−0.016 (0.080)	−0.017 (0.070)	−0.061 (0.071)	−0.045 (0.069)
	颜色判断			0.237 (0.080)**	0.129 (0.072)	0.127 (0.072)	0.102 (0.07)
	数字广度正背			0.118 (0.078)	0.027 (0.070)	0.027 (0.072)	0.009 (0.069)
	数字广度倒背			0.331 (0.081)***	0.106 (0.077)	0.155 (0.076)*	0.080 (0.076)
	STROOP			0.083 (0.057)	0.05 (0.051)	0.061 (0.051)	0.049 (0.049)
	(组别)				−1.122 (0.145)***		
	词汇产生					0.375 (0.074)***	0.213 (0.082)*
	句子产生					0.054 (0.058)	0.040 (0.057)
	语篇产生					0.196 (0.066)**	0.134 (0.065)*
	组别						−0.705 (0.179)***
		R^2 = 0.138***	ΔR^2 = 0.393***	R^2 = 0.424***	ΔR^2 = 0.132***	R^2 = 0.554***	ΔR^2 = 0.032***
					$\Delta\Delta R^2$ = 0.261		$\Delta\Delta R^2$ = 0.099
语篇理解	性别	−0.130 (0.129)	0.026 (0.101)	−0.012 (0.110)	0.030 (0.100)	−0.041 (0.105)	0.011 (0.101)
	受教育年限	0.427 (0.063)***	0.129 (0.055)*	0.204 (0.058)***	0.107 (0.055)	0.126 (0.057)*	0.099 (0.055)
	(组别)		−1.298 (0.110)***				
	数字判断			0.093 (0.078)	0.093 (0.071)	0.055 (0.074)	0.074 (0.070)
	颜色判断			0.130 (0.078)	0.036 (0.072)	0.054 (0.075)	0.024 (0.072)
	数字广度正背			0.050 (0.076)	−0.030 (0.070)	−0.004 (0.074)	−0.025 (0.071)
	数字广度倒背			0.385 (0.079)***	0.189 (0.078)*	0.287 (0.079)***	0.197 (0.078)*
	STROOP			0.027 (0.056)	−0.002 (0.051)	0.021 (0.053)	0.007 (0.051)
	(组别)				−0.975 (0.147)***		
	词汇产生					0.252 (0.076)**	0.058 (0.084)
	句子产生					−0.113 (0.061)	−0.130 (0.058)*
	语篇产生					0.219 (0.068)**	0.145 (0.067)*
	组别						−0.843 (0.184)***
		R^2 = 0.190***	ΔR^2 = 0.326***	R^2 = 0.447***	ΔR^2 = 0.099***	R^2 = 0.519***	ΔR^2 = 0.046***
					$\Delta\Delta R^2$ = 0.226		$\Delta\Delta R^2$ = 0.053

注：所有连续变量均经过标准化处理。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表 7　一般认知能力和语言理解能力对词汇产生、句子产生和语篇产生任务得分组间差异的分层回归分析[B (*SE*)]

任务	预测变量	模型 1		模型 2		模型 3	
		步骤 1	步骤 2	步骤 1	步骤 2	步骤 1	步骤 2
词汇产生	性别	−0.004 (0.127)	0.177 (0.085)*	0.148 (0.102)	0.201 (0.084)*	0.078 (0.090)	0.146 (0.082)
	受教育年限	0.464 (0.062)***	0.117 (0.046)*	0.216 (0.054)***	0.093 (0.046)*	0.132 (0.049)**	0.085 (0.045)
	(组别)		−1.51 (0.093)***				
	数字判断			0.046 (0.072)	0.045 (0.059)	0.020 (0.064)	0.033 (0.058)
	颜色判断			0.184 (0.073)*	0.066 (0.061)	0.053 (0.066)	0.020 (0.060)
	数字广度正背			0.250 (0.071)***	0.150 (0.059)*	0.190 (0.062)**	0.139 (0.057)*
	数字广度倒背			0.253 (0.073)***	0.005 (0.065)	0.064 (0.069)	−0.025 (0.064)
	STROOP			0.050 (0.052)	0.014 (0.043)	0.025 (0.046)	0.012 (0.042)
	(组别)				−1.235 (0.123)***		
	词汇理解					0.178 (0.051)***	0.139 (0.047)**
	句子理解					0.313 (0.059)***	0.161 (0.058)**
	语篇理解					0.128 (0.060)*	0.006 (0.058)
	组别						−0.969 (0.144)***
		$R^2 = 0.216^{***}$	$\Delta R^2 = 0.440^{***}$	$R^2 = 0.522^{***}$	$\Delta R^2 = 0.159^{***}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.281$	$R^2 = 0.642^{***}$	$\Delta R^2 = 0.067^{***}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.093$
句子产生	性别	−0.262 (0.135)	−0.148 (0.123)	−0.173 (0.126)	−0.146 (0.123)	−0.215 (0.125)	−0.173 (0.124)
	受教育年限	0.291 (0.066)***	0.072 (0.067)	0.123 (0.067)	0.062 (0.068)	0.105 (0.068)	0.075 (0.068)
	(组别)		−0.954 (0.134)***				
	数字判断			0.028 (0.090)	0.027 (0.087)	0.036 (0.089)	0.044 (0.087)
	颜色判断			0.091 (0.090)	0.032 (0.089)	0.035 (0.091)	0.015 (0.09)
	数字广度正背			0.035 (0.088)	−0.015 (0.087)	0.007 (0.087)	−0.025 (0.086)
	数字广度倒背			0.330 (0.091)***	0.206 (0.096)*	0.276 (0.096)**	0.22 (0.097)*
	STROOP			0.061 (0.065)	0.043 (0.063)	0.044 (0.064)	0.036 (0.063)
	(组别)				−0.62 (0.181)***		
	词汇理解					0.042 (0.071)	0.018 (0.071)
	句子理解					0.249 (0.083)**	0.155 (0.088)
	语篇理解					−0.096 (0.084)	−0.172 (0.087)*
	组别						−0.604 (0.218)**
		$R^2 = 0.106^{***}$	$\Delta R^2 = 0.176^{***}$	$R^2 = 0.270^{***}$	$\Delta R^2 = 0.040^{***}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.136$	$R^2 = 0.305^{***}$	$\Delta R^2 = 0.026^{**}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.014$
语篇产生	性别	−0.24 (0.131)	−0.096 (0.108)	−0.128 (0.116)	−0.086 (0.107)	−0.177 (0.109)	−0.132 (0.107)
	受教育年限	0.38 (0.064)***	0.104 (0.059)	0.173 (0.062)**	0.077 (0.059)	0.090 (0.059)	0.059 (0.058)
	(组别)		−1.199 (0.118)***				
	数字判断			0.135 (0.082)	0.135 (0.076)	0.113 (0.077)	0.122 (0.075)
	颜色判断			0.182 (0.083)**	0.089 (0.078)	0.073 (0.079)	0.052 (0.078)
	数字广度正背			−0.023 (0.081)	−0.102 (0.075)	−0.072 (0.076)	−0.106 (0.074)
	数字广度倒背			0.325 (0.084)***	0.131 (0.083)	0.146 (0.083)	0.087 (0.083)
	STROOP			0.002 (0.060)	−0.026 (0.055)	−0.024 (0.056)	−0.032 (0.054)
	(组别)				−0.968 (0.157)***		
	词汇理解					0.082 (0.062)	0.057 (0.061)
	句子理解					0.275 (0.072)***	0.176 (0.076)*
	语篇理解					0.186 (0.073)*	0.106 (0.075)
	组别						−0.635 (0.187)***
		$R^2 = 0.163^{***}$	$\Delta R^2 = 0.278^{***}$	$R^2 = 0.382^{***}$	$\Delta R^2 = 0.098^{***}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.180$	$R^2 = 0.476^{***}$	$\Delta R^2 = 0.029^{***}$ $\Delta\Delta R^2 = 0.069$

注：所有连续变量均经过标准化处理。$^{*}p < 0.05$, $^{**}p < 0.01$, $^{***}p < 0.001$

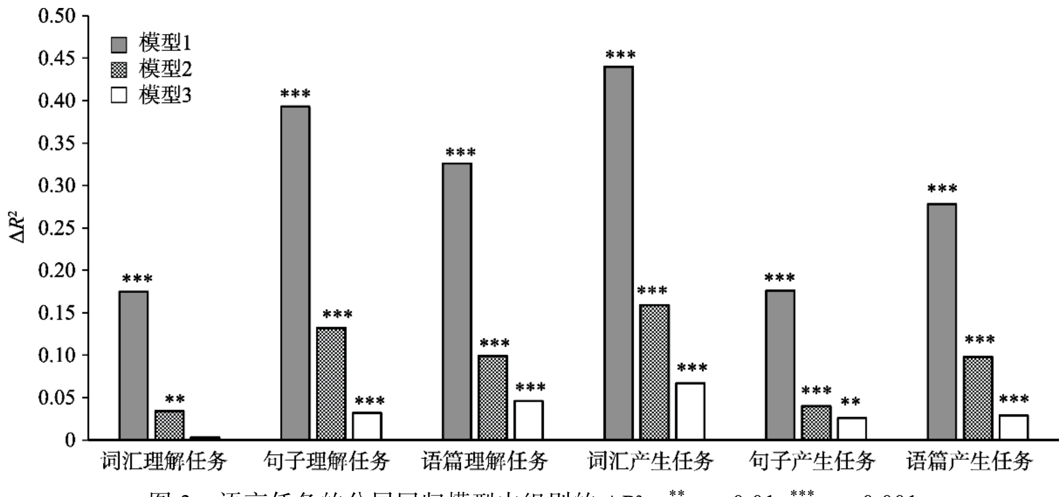


图 3　语言任务的分层回归模型中组别的 ΔR^2。** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

老年被试均存在显著的组间差异，表明这三种能力都存在年老化现象。分层回归分析结果表明，一般认知能力和语言产生(或语言理解)能力对于语言理解(或语言产生)任务的贡献模式在青年组和老年组中是不同的，且存在词汇、句子和语篇加工水平上的差异。一般认知能力和语言能力对青年组语言任务表现的贡献都大于老年组，表明语言非特异性因素(一般认知能力)和语言特异性因素共同影响了语言能力的老化。从语言任务的不同加工水平来看，在较低水平的加工过程(例如词汇水平)中，青年人和老年人的语言任务间的相关模式类似，而在较高水平的加工过程(例如句子和语篇水平)中两组被试的相关模式具有明显的不同，表明个体语言系统内部结构和性质的老化更容易体现在较高水平的加工过程中。

4.1　语言理解和语言产生能力的老化

我们发现，在全部六项语言理解和语言产生任务中，青年组和老年组的表现都具有显著差异。这表明，与青年人相比老年人的语言能力具有广泛性的下降。在语言产生领域，关于老年人产生能力衰退的观点得到了大量证据支持。众多研究发现，语言产生能力与年龄有关的衰退发生在词汇水平(e.g., Burke et al., 1991; Clark et al., 2009; James & Burke, 2000; Morrison et al., 2002; Poon & Fozard, 1978; Rastle & Burke, 1996; Shafto et al., 2007; Taylor & Burke, 2002; White & Abrams, 2002)，句子水平(e.g., Kemper et al., 2003; Kemper, Herman, & Liu, 2004)和语篇水平(e.g., Bortfeld et al., 2001; de Beni et al., 2007; Kemper, 1992b)，我们的结果与已有研究结论一致。在词汇产生任务中，实验采用了言语流畅性任务，发现老年人的言语流畅性要显著弱于青年人，结果与已有研究结论一致(Clark et al., 2009)。在句子产生任务中，我们发现老年被试所产生的句子，其复杂程度要显著低于青年被试。这表明，老年人建构复杂句法的能力可能有所下降，与已有的研究结论一致(Kemper, Greiner, Marquis, Prenovost, & Mitzner, 2001)。在语篇产生任务中，老年组被试所产生的语篇相比于青年被试具有更大的偏题倾向，在按照要点计分的任务中得分更低。这一结果与已有的研究结论一致，反映了老年人的语言在扣题和整体连贯性上与青年人相比存在明显不足(Glosser & Deser, 1992)。

已有研究关于语言理解能力的老化存在争论。在词汇水平的理解任务中，大多数研究结果支持我们的发现，即老年人词汇识别速度慢于青年人(Kliegl et al., 2004; Madden, 1988; Rayner et al., 2006)。然而，在句子水平和语篇水平的理解任务中，现有研究存在分歧。有研究发现，老年人在句子理解和语篇理解过程中对句法信息的加工与青年人不存在明显差距。这方面的实验证据主要来自在线句法加工(online syntactic processing)任务(DeDe, Caplan, Kemtes, & Waters, 2004; Tyler, Cobb, & Graham, 1992; Waters & Caplan, 2001)，考察被试实时加工句法信息的过程。相比之下，采用离线句法加工(offline syntactic processing)任务通常能够检测到老年人与青年人的表现差异(DeDe & Flax, 2016)。研究者认为，在这类任务中因为探测刺激的出现晚于所要理解的信息，老年人工作记忆容量的下降导致其在该类任务中的表现更差。我们的结果发现，数字广度倒背任务成绩能够显著解释句子理解和语篇理解成绩，为工作记忆衰退导致语言理解能力下降的观点提供了证据支持。

4.2 语言能力的老化：语言非特异性和语言特异性因素的共同作用

根据一般认知能力对语言任务得分的回归分析结果我们发现，相比于老年被试语言非特异性因素(即一般认知能力因素)对于青年人语言任务的表现贡献更大。在词汇理解、句子理解和词汇产生任务中，青年被试的一般认知能力变量能够显著解释任务得分的变异，而在老年被试中却未观察到这种现象。这一发现可以在流体智力与晶体智力的框架下进行解释：流体智力(在本研究中即一般认知能力)在成年早期到达顶峰后逐渐衰退，而晶体智力(例如词汇知识和某些技能)在一生中持续发展(Margrett, Martin, Woodard, & Poon, 2016)。为了完成某种语言活动，青年人可以依靠其一般认知能力(即流体智力)，而老年人则更需要借助毕生积累的丰富语义知识(即晶体智力)。尽管如此，在语篇理解任务中，我们观察到一般认知能力在老年人中发挥了显著的作用，而在青年人中却没有。我们认为这种反转的模式可能与所选择实验材料的内容有关。语言理解任务中所用材料均为科技题材，更贴近青年人的生活而相对远离老年人的生活。因此，青年人在理解语篇时可以借助其丰富的与科技相关的知识储备，而老年人反而只能依赖一般认知能力来当场理解这些不熟悉的信息。这也提示我们在材料的选择中应该包括各类题材的语篇，我们将在后续的研究中对此进行探索。

在句子理解和语篇理解任务中，青年组被试的语言产生能力显著地解释了任务得分的变异；在词汇产生任务中，青年组被试的语言理解能力具有显著的解释力。以上现象在老年组中均未观察到。这表明，青年人的语言理解和产生能力之间的联系更为紧密，而在老年人中二者的联系变弱。在Pickering 和 Garrod (2013)的语言产生与理解的整合理论中，当个体进行语言活动时，激活在各个水平的语言表征间来回传递。根据传递不足假设，老年人语言系统中各节点间的联结强度减弱，降低了激活传递的效率，因此阻碍了理解和产生这两种过程的相互协助。采用事件相关电位技术的研究发现，在理解语言的过程中老年人运用语境信息进行预测的能力弱于青年人(Federmeier, McLennan, de Ochoa, & Kutas, 2002)，表明其运用产生过程来预测所理解的信息的能力下降，即语言理解与产生过程的联结减弱。尽管如此，在语篇产生任务中，语言理解能力对老年人的任务分数解释力显著，而在青年人中却未观察到这种现象。这与老年人在产生语篇时的偏题倾向有关。相较于青年人，老年人在产生语篇时更容易忽略重点信息，并且缺乏连贯性(Bortfeld et al., 2001; Arbuckle & Gold, 1993)，因此语言理解能力强的个体，更能有效地通过自我监控来保持扣题，避免偏题现象，这就导致理解能力在老年人中对语篇产生任务表现具有显著的解释力。而青年人在产生语篇时较少存在偏题现象，因此语言理解能力的高低对该任务表现的影响较小。从语言任务(能力)的不同水平来看，词汇水平的理解和产生任务之间具有紧密的联系。无论是在青年组还是老年组中，词汇理解任务和词汇产生任务都具有非常显著的相关关系，并且可以显著地相互解释。但当进入句子和语篇水平，这种相互关系变得更为复杂：在老年组中，句子理解和语篇产生、语篇理解和语篇产生都具有显著的相关关系，但在青年组中未观察到；在青年组中，语篇理解和句子产生彼此能够显著地相互预测，而在老年组中并未观察到二者的相关关系。这些结果表明，个体语言系统内部的老化可能体现在较高水平的加工。

从具体任务得分对语言能力的解释情况来看，相比于言语短时记忆，言语工作记忆具有更重要的影响。数字广度倒背任务得分能够显著解释青年组的句子和语篇理解能力，以及老年组的词汇和句子产生能力，而数字广度正背任务得分却并未显著解释任何语言任务得分。这可能是由于倒背任务需要对记忆信息进行操作和存储，正背任务对于记忆信息的操作要求较少，这是工作记忆区别于短时记忆的重要特征。上述发现表明，相对于单纯的言语短时记忆(体现为数字广度正背得分)，无论是青年人还是老年人，言语工作记忆(体现为数字广度倒背得分)对于语言加工更为重要。另外，青年组的语篇理解任务和句子产生任务成绩能够显著地相互预测，而老年组中却未观察到这种现象。这可能来自于青年人在句子产生任务中有时倾向于产生较短但正确完整的句子，这种化繁为简的能力降低了所产生的句子的复杂性，但却有利于他们完成语篇理解任务。青年人在面对语篇理解任务中较长的篇章时，能够简化文章的逻辑，提炼出主干信息，有利于正确地理解语篇内容。老年人由于一般认知能力的下降和语义丰富度的增强，在句子产生任务中所产生的句子比较长，但其句法结构和语义表达更容易出错。这一实验结果与我们所采取的句子产生任务有密切关系，下一步的研究需要采取各种句子产

生任务对此结果进行验证。

从一般认知能力或语言能力对组间差异的预测来看，控制二者中的任意一种均能够导致组别的解释量变小。除词汇理解任务外，其他 5 项任务在控制了一般认知能力和另一类语言能力之后，组别的解释量仍然显著，即仍存在组间差异。这些结果表明，一般认知因素和语言特异性因素都能预测语言能力的衰退。回归分析的结果表明，一般认知因素在语言能力的老化中体现在，控制一般认知能力之后组别对每项任务的解释量均减小。语言特异性因素在语言能力的老化中体现在两个方面：第一，在控制语言理解能力或语言产生能力之后，青年组与老年组之间的差异(组别)对语言任务变异的解释量减小，这说明两种语言能力在衰退中具有相互影响，这种贡献是在控制了一般认知能力的前提之下的。第二，即便控制了一般认知能力和另一类语言能力，组别仍对绝大多数语言任务具有解释力，即这些语言任务所反映的语言能力在青年被试和老年被试间具有特异性。唯一的例外是词汇理解任务。该任务在控制了一般认知能力和语言产生能力之后，组间差异不再显著。这可能是由于该任务与测量加工速度的任务(尤其是数字判断任务)具有高度相似性所导致的。两种任务都涉及简单语义信息的提取(Boudiaf et al., 2018) (在数字判断任务中为数字奇偶性，在词汇理解任务中为词汇生命性)，并且都需要被试通过双手按键反应。这种高度的相似性可能导致了两种任务在青年组被试中的高相关，以及一般认知能力变量对该任务表现的高解释力。我们在回归模型间计算了 $\Delta\Delta R^2$来探究控制一般认知能力和语言能力对于组别解释量的影响，发现在全部 6 项语言任务中，一般认知能力的影响(模型 2 中的 $\Delta\Delta R^2$)始终大于另一种语言能力(模型 3 中的 $\Delta\Delta R^2$) (见表 6 和表 7)。因此我们推断，在语言能力的衰退中一般认知能力为语言能力提供了加工的“硬件”系统，在语言加工中起了很重要的作用，会约束或限制语言的加工过程和语言能力的发展。同时，语言特异性因素仍然对语言加工过程和语言能力有独特的贡献，这表明语言能力的老化既是一个语言非特异性过程，也是一个语言特异性过程。

我们注意到，对具体某项认知能力的依赖程度受到具体实验任务设置的影响。本研究中，由于词汇理解任务难度较小，采用正确率不能很好地反映被试的能力，因此我们采用反应时作为词汇理解能力的指标。这使得该任务对于加工速度(同样采用反应时作为指标)的依赖更大。下一步的研究可以参考其他有关词汇理解和句子产生的实验范式，选用更为优化的指标，降低其对于某一种认知能力的依赖程度。在句子产生任务中，我们采用了“被试一旦开口发音，所呈现的词就消失”的设置。这是为了更好地探测句子的计划和编码过程，即被试在开口说话前计划了哪些内容。但是，词语的消失会增加被试的记忆负担。在下一步的研究中，可以设置不同难度(例如对记忆要求不同)的句子产生任务，通过实验设计考察一般认知资源的变化对语言加工过程的影响。根据联合国经济和社会事务部(2019)的统计，预计到 2050 年全世界每 6 人中就有 1 人年龄在 65 岁以上，保护老年人的认知能力和语言能力对于提高他们的生活质量至关重要。我们的研究首次探索了一般认知能力、语言理解和语言产生能力之间的关系，尤其关注了老年人与青年人之间的差异。研究结果对于延缓老年人的衰老，保护老年人的认知功能，改善老年人日常生活的交流质量具有一定的指导作用。在临床领域，这项研究对于针对老年人的认知能力和语言能力的量表编制等工作具有借鉴意义。

5　结论

本研究发现了青年人和老年人的语言理解能力和语言产生能力都存在差异，且差异在词汇、句子和语篇水平的理解和产生任务中表现不同。老年人的各项语言任务得分均低于青年人，而且一般认知能力和语言特异能力对语言任务表现的贡献模式在青年人和老年人间也具有不同。控制一般认知能力或语言能力都能缩小组间差异，但在大多数任务中即便将二者均加以控制，组间差异仍然显著。这些发现表明，语言能力的老化是语言非特异性因素和特异性因素共同作用的结果，且语言非特异性因素的贡献更大。

参　考　文　献

Ackerman, P. L. (2008). Knowledge and cognitive aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (3rd ed., pp. 445–489). New York, NY: Psychology Press.

Adams, A. M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitations in working memory: Implications for language development. *International Journal of Language & Communication Disorders, 35*(1), 95–116.

Arbuckle, T. Y., & Gold, D. P. (1993). Aging, inhibition, and verbosity. *Journal of Gerontology, 48*(5), 225–232.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science, 255*(5044),

556–559.

Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience, 4*(10), 829–839.

Bock, K., & Miller, C. A. (1991). Broken agreement. *Cognitive Psychology, 23*(1), 45–93.

Bortfeld, H., Leon, S. D., Bloom, J. E., Schober, M. F., & Brennan, S. E. (2001). Disfluency rates in conversation: Effects of age, relationship, topic, role, and gender. *Language and Speech, 44*(2), 123–147.

Boudiaf, N., Laboissière, R., Cousin, É., Fournet, N., Krainik, A., & Baciu, M. (2018). Behavioral evidence for a differential modulation of semantic processing and lexical production by aging: A full linear mixed-effects modeling approach. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 25*(1), 1–22.

Britt, A. E., Ferrara, C., & Mirman, D. (2016). Distinct effects of lexical and semantic competition during picture naming in younger adults, older adults, and people with aphasia. *Frontiers in Psychology*, *7*, 813.

Burke, D. M., & College, P. (1997). Language, aging, and inhibitory deficits: Evaluation of a theory. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 52*(6), 254–264.

Burke, D. M., MacKay, D. G., Worthley, J. S., & Wade, E. (1991). On the tip of the tongue: What causes word finding failures in young and older adults? *Journal of Memory and Language, 30*(5), 542–579.

Burke, D. M., & Shafto, M. A. (2004). Aging and language production. *Current Directions in Psychological Science, 13*(1), 21–24.

Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *PloS One, 5*(6), e10729.

Caplan, D., & Waters, G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences, 22*(1), 77–94.

Caplan, D., & Waters, G. (2005). The relationship between age, processing speed, working memory capacity, and language comprehension. *Memory, 13*(3-4), 403–413.

Clark, L. J., Gatz, M., Zheng, L., Chen, Y. L., McCleary, C., & Mack, W. J. (2009). Longitudinal verbal fluency in normal aging, preclinical, and prevalent Alzheimer's disease. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias, 24*(6), 461–468.

Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review, 3*(4), 422–433.

de Beni, R., Borella, E., & Carretti, B. (2007). Reading comprehension in aging: The role of working memory and metacomprehension. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 14*(2), 189–212.

DeDe, G., Caplan, D., Kemtes, K., & Waters, G. (2004). The relationship between age, verbal working memory, and language comprehension. *Psychology and Aging, 19*(4), 601–616.

DeDe, G., & Flax, J. K. (2016). Language comprehension in aging. *Language, Cognition and Aging*, 107–133.

Ellis, N. C. (1996). Sequencing in SLA: Phonological memory, chunking, and points of order. *Studies in Second Language Acquisition, 18*(1), 91–126.

Federmeier, K. D., McLennan, D. B., de Ochoa, E., & Kutas, M. (2002). The impact of semantic memory organization and sentence context information on spoken language processing by younger and older adults: An ERP study. *Psychophysiology, 39*(2), 133–146.

Gaskell, G. M. (2007). *Oxford handbook of psycholinguistics.* Oxford University Press.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (2014). *Working memory and language*. Psychology Press.

Glosser, G., & Deser, T. (1992). A comparison of changes in macrolinguistic and microlinguistic aspects of discourse production in normal aging. *Journal of Gerontology*, *47*(4), 266–272.

Golden, C. J., & Freshwater, S. M. (1978). *STROOP color and word test*. Chicago: Stoelting.

Harley, T. (2008). *The psychology of language: From data to theory*, 3rd Edn., Psychology Press.

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *The Psychology of Learning and Motivation*, *22*, 193–225.

Howard, D. V. (1980). Category norms: A comparison of the Battig and Montague (1969) norms with the responses of adults between the ages of 20 and 80. *Journal of Gerontology, 35*(2), 225–231.

Huijbers, W., Papp, K. V., LaPoint, M., Wigman, S. E., Dagley, A., Hedden, T., ... Sperling, R. A. (2016). Age-related increases in tip-of-the-tongue are distinct from decreases in remembering names: A functional MRI study. *Cerebral Cortex, 27*(9), 4339–4349.

Ito, T., Tiede, M., & Ostry, D. J. (2009). Somatosensory function in speech perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 106*(4), 1245–1248.

James, L. E., & Burke, D. M. (2000). Phonological priming effects on word retrieval and tip-of-the-tongue experiences in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26*(6), 1378–1391.

Jones, G. V., & Langford, S. (1987). Phonological blocking in the tip of the tongue state. *Cognition*, *26*(2), 115–122.

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (2013). *Cognitive processes in comprehension*. Psychology Press.

Kemper, S. (1992a). Language and aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 213–270). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kemper, S. (1992b). Adults' sentence fragments: Who, what, when, where, and why. *Communication Research, 19*(4), 444–458.

Kemper, S., Greiner, L. H., Marquis, J. G., Prenovost, K., & Mitzner, T. L. (2001). Language decline across the life span: Findings from the nun study. *Psychology and Aging, 16*(2), 227–239.

Kemper, S., Herman, R. E., & Lian, C. (2003). Age differences in sentence production. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 58*(5), P260–P268.

Kemper, S., Herman, R. E., & Liu, C. J. (2004). Sentence production by younger and older adults in controlled contexts. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 59*(5), 220–224.

Kliegl, R., Grabner, E., Rolfs, M., & Engbert, R. (2004). Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*(1-2), 262–284.

Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking: From intention to articulation.-" A bradford book."*. MIT Press.

Li, X. Q., & Yang, Y. F. (2005). The influence of correspondence between accent and information structure on discourse comprehension. *Acta Psychologica Sinica, 37*(1), 34–40.

[李晓庆, 杨玉芳 (2005). 重读与信息结构对语篇理解加工的影响. *心理学报, 37*(1), 34–40.]

Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin aging study. *Psychology and Aging, 12*(3), 410–432.

Liu, Y. Y., Hao, M. L., Li, P., & Shu, H. (2011). Timed picture naming norms for Mandarin Chinese. *Plos One, 6*(1), e16505.

MacKay, D. G., & Abrams, L. (1998). Age-linked declines in retrieving orthographic knowledge: Empirical, practical, and theoretical implications. *Psychology and Aging*, *13*(4), 647–662.

MacKay, D. G., Abrams, L., & Pedroza, M. J. (1999). Aging on the input versus output side: Theoretical implications of age-linked asymmetries between detecting versus retrieving orthographic information. *Psychology and Aging, 14*(1), 3–17.

Madden, D. J. (1988). Adult age differences in the effects of sentence context and stimulus degradation during visual word recognition. *Psychology and Aging, 3*(2), 167–172.

Madden, D. L., Sale, M. V., & Robinson, G. A. (2018). Improved conceptual generation and selection with transcranial direct current stimulation in older adults. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 41*(1), 43–57.

Margrett, J. A., Martin, P., Woodard, J. L., & Poon, L. W. (2016). Cognitive and linguistic processes among oldest old persons. *Cognition, Language and Aging*, 193–220.

Martin, R. C., Shelton, J. R., & Yaffee, L. S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language, 33*(1), 83–111.

Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Dial Press.

Miles, S., & Chapman, R. S. (2002). Narrative content as described by individuals with Down syndrome and typically developing children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *45*(1), 175–189.

Montgomery, J. W. (1995). Sentence comprehension in children with specific language impairment: The role of phonological working memory. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 38*(1), 187–199.

Morrison, C. M., Hirsh, K. W., Chappell, T., & Ellis, A. W. (2002). Age and age of acquisition: An evaluation of the cumulative frequency hypothesis. *European Journal of Cognitive Psychology, 14*(4), 435–459.

Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society, 53*(4), 695–699.

Nation, K., Adams, J. W., Bowyer-Crane, C. A., & Snowling, M. J. (1999). Working memory deficits in poor comprehenders reflect underlying language impairments. *Journal of Experimental Child Psychology, 73*(2), 139–158.

Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*(2), 299–320.

Payne, B. (2014). *The effects of verbal working memory training on language comprehension in older adulthood* (Unpublished doctoral dissertation). University of Illinois at Urbana-Champaign.

Pickering, M. J., & Garrod, S. (2007). Do people use language production to make predictions during comprehension? *Trends in Cognitive Sciences, 11*(3), 105–110.

Pickering, M. J., & Garrod, S. (2013). An integrated theory of language production and comprehension. *Behavioral and Brain Sciences, 36*(4), 329–347.

Poon, L. W., & Fozard, J. L. (1978). Speed of retrieval from long-term memory in relation to age, familiarity, and datedness of information. *Journal of Gerontology, 33*(5), 711–717.

Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 3.0]. (2016). Retrieved from https://www.pstnet.com

Rastle, K. G., & Burke, D. M. (1996). Priming the tip of the tongue: Effects of prior processing on word retrieval in young and older adults. *Journal of Memory and Language, 35*(4), 586–605.

Rayner, K., Reichle, E. D., Stroud, M. J., Williams, C. C., & Pollatsek, A. (2006). The effect of word frequency, word predictability, and font difficulty on the eye movements of young and older readers. *Psychology and Aging, 21*(3), 448–465.

Reuterlorenz, P. A., & Sylvester, C. Y. C. (2005). *The Cognitive Neuroscience of Working Memory and Aging* (pp. 186–217). Oxford University Press.

Salthouse, T. A. (1993). Speed and knowledge as determinants of adult age differences in verbal tasks. *Journal of Gerontology, 48*(1), 29–36.

Salthouse, T. A. (1994). The aging of working memory. *Neuropsychology, 8*(4), 535–543.

Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review, 103*(3), 403–428.

Saur, D., Kreher, B. W., Schnell, S., Kümmerer, D., Kellmeyer, P., Vry, M. S., ... Weiller, C. (2008). Ventral and dorsal pathways for language. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(46), 18035–18040.

Schaie, K. W. (1994). The course of adult intellectual development. *American psychologist, 49*(4), 304–313.

Schaie, K. W. (1996). *Intellectual development in adulthood: The Seattle longitudinal study*. Cambridge University Press.

Schriefers, H., Meyer, A. S., & Levelt, W. J. M. (1990). Exploring the time course of lexical access in language production: Picture-word interference studies. *Journal of Memory and Language, 29*(1), 86–102.

Shafto, M. A., Burke, D. M., Stamatakis, E. A., Tam, P. P., & Tyler, L. K. (2007). On the tip-of-the-tongue: Neural correlates of increased word-finding failures in normal aging. *Journal of Cognitive Neuroscience, 19*(12), 2060–2070.

Shafto, M. A., & Tyler, L. K. (2014). Language in the aging brain: The network dynamics of cognitive decline and preservation. *Science, 346*(6209), 583–587.

Shalom, D. B., & Poeppel, D. (2008). Functional anatomic models of language: Assembling the pieces. *The Neuroscientist, 14*(1), 119–127.

Shtyrov, Y. (2010). Automaticity and attentional control in spoken language processing: Neurophysiological evidence. *The Mental Lexicon, 5*(2), 255–276.

Sommers, M. S., & Danielson, S. M. (1999). Inhibitory processes and spoken word recognition in young and older adults: the interaction of lexical competition and semantic context. *Psychology and Aging, 14*(3), 458–472.

Stine-Morrow, E. A. L., Ryan, S., Sandra Leonard, J. (2000). Age differences in on-line syntactic processing. *Experimental Aging Research, 26*(4), 315–322.

Strain, E., Patterson, K., & Seidenberg, M. S. (1995). Semantic effects in single-word naming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21*(5), 1140–1154.

Swanson, H. L. (1999). What develops in working memory? A life span perspective. *Developmental Psychology, 35*(4),

986–1000.
Taler, V., Aaron, G. P., Steinmetz, L. G., & Pisoni, D. B. (2010). Lexical neighborhood density effects on spoken word recognition and production in healthy aging. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 65*(5), 551–560.
Taylor, J. K., & Burke, D. M. (2002). Asymmetric aging effects on semantic and phonological processes: Naming in the picture-word interference task. *Psychology and Aging, 17*(4), 662–676.
Thornton, R., & Light, L. L. (2006). Twelve - Language comprehension and production in normal aging. In *Handbook of the psychology of aging* (pp. 261–287). Academic Press.
Tyler, L. K., Cobb, H., & Graham, N. (1992). *Spoken language comprehension: An experimental approach to disordered and normal processing*. The MIT Press.
United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). World Population Prospects 2019: Highlights.
Valente, A., & Laganaro, M. (2015). Ageing effects on word production processes: An ERP topographic analysis. *Language, Cognition and Neuroscience*, *30*(10), 1259–1272.
Verhaeghen, P. (2003). Aging and vocabulary score: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 18*(2), 332–339.
Waters, G. S., & Caplan, D. (1996). The capacity theory of sentence comprehension: critique of Just and Carpenter (1992). *Psychological Review*, *103*(4), 761–772.
Waters, G. S., & Caplan, D. (2001). Age, working memory, and on-line syntactic processing in sentence comprehension. *Psychology and Aging, 16*(1), 128–144.
Wechsler, D. (1997). *WAIS-3: Wechsler Adult Intelligence Scale: Administration and Scoring Manual*. Psychological Corporation.
White, K. K., & Abrams, L. (2002). Does priming specific syllables during tip-of-the-tongue states facilitate word retrieval in older adults? *Psychology and Aging, 17*(2), 226–235.
Yang, Q., & Zhang, Q. F. (2015). Aging of word frequency, syllable frequency and phonological facilitation effects in Chinese speech production. *Journal of Psychological Science*, *38*(6), 1303–1310.
[杨群，张清芳．(2015). 口语产生中词频效应，音节频率效应和语音促进效应的认知年老化．*心理科学*，*38*(6), 1303–1310.]
Zhang, H-C., & Xu, J.-P. (2003). *Modern psychology and education statistics*. Beijing: Beijing Normal University Press
张厚粲，徐建平．(编). (2003). *现代心理与教育统计学*. 北京：北京师范大学出版社.
Zhang, Q. F., & Yang, Y. F. (2003). The determiners of picture naming latency. *Acta Psychologica Sinica*, *35*(4), 447–454.
[张清芳，杨玉芳．(2003). 影响图画命名时间的因素．*心理学报*, *35*(4), 447–454.]
Zhang, R. (2017). *A study of the comprehension of Chinese garden path sentences* (Unpublished master's dissertation). Tianjin Normal University.
[张蕊．(2017). *汉语花园路径句理解的研究*(硕士学位论文). 天津师范大学.]

Language processing in normal aging: Contributions of information-universal and information-specific factors

WU Hanlin; YU Zhou; WANG Xuejiao; ZHANG Qingfang

(*Department of Psychology, Renmin University of China, Beijing* 100872, *China*)

Abstract

Language is a complex lifelong faculty supported by the general cognitive system as well as the dynamic interactions between comprehension and production processes within the language system. Studies reported that while normal aging impairs important aspects of language production, most core processes of comprehension are robust. However, accumulating evidence suggests a decline in comprehension when comparing older adults with young ones. Thus it is plausible to assume that there might be a general degradation in older adults' language capacity. The information-universal theories assume that the aging of language is contributed by the declines in general cognitive abilities including processing speed, working memory and inhibitory function, while the information-specific theories highlight the unique changes of linguistic representations and their connections in the brain, which may result in decreased interplay between comprehension and production.

The current study investigated the relationships among language comprehension capacity, production capacity, and general cognitive abilities, and explored the factors that influence the aging of language processing. We employed two groups of participants (103 young adults and 114 older adults), and measured their general cognitive abilities and language capacities with different tasks. General cognitive abilities were assessed in three dimensions: processing speed by color judgment and numerical judgment tasks, working memory by digit span forward and backward tasks, and inhibitory function by STROOP color-word judgment task. Language comprehension and production capacities were measured at word, sentence and discourse processing levels,

respectively.

We first compared the performance between the two age groups, and then conducted hierarchical regression analyses to examine the contributions of information-universal and information-specific factors to language performance. Results showed lower scores in older adults than their young counterparts on all measures. The first hierarchical regression analyses revealed that there were differences between the older and the young groups, which presented not only in the contributions of general cognitive abilities to language capacities but also in the contributions of comprehension and production capacities to each other. For word processing, young adults' performance was predicted by both general cognitive abilities and the other language capacities, while the former did not predict older adults' performance; for sentence processing, young adults' performance was predicted by general cognitive abilities (only in comprehension) and the other language capacities, while neither of them explained older adults' performance; for discourse processing, young adults' comprehension scores were predicted by their production capacity, while older adults' scores of comprehension and production were predicted by their general cognitive abilities and comprehension capacity respectively. Results of the second hierarchical regression analyses indicated that both general cognitive abilities and the other language capacities contributed to the group differences in language performance, and the contributions of the former were larger than those of the latter.

In sum, older adults show an overall age-related decline in general cognitive abilities, language comprehension and production capacities. We suggest that the aging of language processing is subject to both the information-universal factor as well as the information-specific factor, with the former reflected as the general degradation in cognitive abilities and the latter related to specific changes in the architecture of language system.

Key words cognitive aging; general cognitive abilities; language comprehension; language production; information-universal factor; information-specific factor